

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

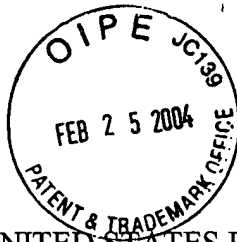
Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

00684.003542.



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)	
	:	Examiner: Not Yet Assigned
YASUHISA INAO ET AL.)	
	:	Group Art Unit: 1756
Application No.: 10/663,691)	
	:	
Filed: September 17, 2003)	
	:	
For: MASK, EXPOSURE APPARATUS,)	
AND EXPOSURE METHOD	:	February 24, 2004

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicant's claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is
a certified copy of the following foreign application:

2002-269497 filed September 17, 2002.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our New York office by telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,


Attorney for Applicants

Registration No. 43,279

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3800
Facsimile: (212) 218-2200

NY_MAIN 409699v1

CFE35420S (1/1)

269497/2002

10,663,691

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 1 7 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 6 9 4 9 7
Application Number:

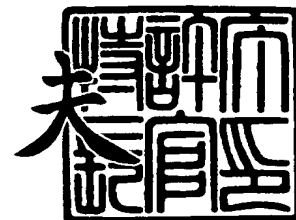
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 2 6 9 4 9 7]

出 願 人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 2 4 4 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 4534018

【提出日】 平成14年 9月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027
G03F 7/20521

【発明の名称】 マスク、露光装置及び方法

【請求項の数】 16

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会
社内

【氏名】 稲生 耕久

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会
社内

【氏名】 黒田 亮

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100110412

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤元 亮輔

【電話番号】 03-3523-1227

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 062488

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010562

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マスク、露光装置及び方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに直交する方向に長手方向を有する開口が形成されたマスクを被処理体に密着させるステップと、

前記各方向以外の方向に偏光した露光光を前記マスクに照射するステップとを有することを特徴とする露光方法。

【請求項 2】 前記照射ステップは、前記マスクの前記開口の長手方向を検出するステップと、

前記検出結果に基づいて、前記露光光を生成するステップとを更に有することを特徴とする請求項 1 記載の露光方法。

【請求項 3】 前記照射ステップは、前記開口の長手方向に対して略 45°の角度の方向に偏光した露光光を前記マスクに照射することを特徴とする請求項 1 記載の露光方法。

【請求項 4】 前記開口は、互いに直交する方向のみに形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の露光方法。

【請求項 5】 基板に支持されて露光光を透過するマスク母材と、
前記マスク母材上に形成されて前記露光光を遮光する遮光膜とを有し、
当該遮光膜に互いに直交する方向のみに長手方向を有する開口が形成されていることを特徴とする近接場露光用マスク。

【請求項 6】 前記遮光膜は、前記開口の長手方向の情報を含むマークが更に形成されていることを特徴とする請求項 5 記載の近接場露光用マスク。

【請求項 7】 近接場光を用いた露光装置であって、
互いに直交する方向に長手方向を有する開口が形成されたマスクを照明する光を射出する光源部と、

前記マスクと前記光源部との間に配置され、前記光を前記各方向以外の方向に偏光する偏光部を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 8】 前記開口の長手方向を検出する検出部を更に有し、
前記偏光部は、前記検出部が検出結果に基づいて、前記光の偏光方向を前記開

口の長手方向に対して略 45° の角度に制御する偏光制御手段を有することを特徴とする請求項 7 記載の露光装置。

【請求項 9】 前記開口は、互いに直交する方向のみに形成されていることを特徴とする請求項 7 記載の露光装置。

【請求項 10】 請求項 5 又は 6 記載のマスクと、
前記マスクに形成された開口の長手方向に対して略 45° の偏光方向を有する光を照射する照射手段とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 11】 近接場光を用いた露光装置であって、
複数の方向に長手方向を有する開口が形成されたマスクに円偏光の偏光成分を有する露光光を照射する円偏光照射手段を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 12】 前記円偏光照射手段は、円偏光の偏光成分を有する光を射出する光源部を有することを特徴とする請求項 11 記載の露光装置。

【請求項 13】 前記円偏光照射手段は、
直線偏光の偏光成分を有する光を射出する光源部と、
前記光の直線偏光の偏光成分を円偏光の偏光成分に変換する変換素子とを有することを特徴とする請求項 11 記載の露光装置。

【請求項 14】 前記円偏光照射手段は、
ランダムな偏光成分を有する光を射出する光源部と、
前記光のランダムな偏光成分を所定の直線偏光の偏光成分に変換する第 1 の変換素子と、
前記所定の直線偏光の偏光成分を円偏光の偏光成分に変換する第 2 の変換素子とを有することを特徴とする請求項 11 記載の露光装置。

【請求項 15】 複数の方向に長手方向を有する開口が形成されたマスクを被処理体に密着させるステップと、
前記マスクに円偏光の偏光成分を有する光を照射するステップとを有することを特徴とする露光方法。

【請求項 16】 請求項 7 乃至 14 のうちいずれか一項記載の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、
露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特

徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般には、露光装置に関し、特に、半導体ウェハ用の単結晶基板、液晶ディスプレイ（LCD）用のガラス基板などの被処理体を露光するのに使用されるマスク、露光装置及び露光方法に係る。本発明のマスク、露光装置及び露光方法は、例えば、IC、LSI等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD等の撮像素子といった各種デバイスの製造に用いられる。

【0002】

【従来の技術】

近年の電子機器の小型化及び薄型化の要請から、電子機器に搭載される半導体素子の微細化への要求はますます高くなっている。例えば、マスク又はレチクル（以下、本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する。）のパターンに対するデザインルールはライン・アンド・スペース（L&S）130nmを量産工程で達成しようとし、今後ますます小さくなることが予想される。L&Sは、露光においてラインとスペースの幅が等しい状態でウェハ上に投影された像であり、露光の解像度を示す尺度である。露光では、解像度、重ね合わせ精度、スループットの3つのパラメータが重要である。解像度は正確に転写できる最小寸法、重ね合わせ精度は被処理体にパターンを幾つか重ね合わせる際の精度、スループットは単位時間当たり処理される枚数である。

【0003】

露光法は、基本的に、等倍転写法と投影法の二種類を有する。等倍転写は、マスクと被処理体を接触させる密着法と僅かに離間させる近接法とを含む。しかし、密着法は、高解像度が得られるもののごみやシリコンのかけらがマスクに圧入されてマスクの破損や被処理体の傷、欠陥をもたらす。近接法は、かかる問題を解決しているが、ごみ粒子の最大寸法よりもマスクと被処理体の間隔が小さくなると同様にマスクの破損が生じ得る。

【0004】

そこで、マスクと被処理体との距離を更に離間させる投影法が提案されている。投影法の中でも解像度の改善と露光領域の拡大のためにマスクを一部ずつ露光し、マスクとウェハを同期してウェハを連続的又は断続的に掃引（スキャン）することによってマスクパターン全体をウェハに露光する走査型投影露光装置（「スキャナー」とも呼ばれる。）が最近の主流になっている。

【0005】

投影露光装置は、一般に、光源から出射された光束を利用してマスクを照明する照明光学系と、マスクと被処理体との間に配置される投影光学系とを有する。照明光学系においては、均一な照明領域を得るために光源からの光束を複数のロッドレンズから構成されるハエの目レンズなどのライトインテグレータに導入し、ライトインテグレータ射出面を2次光源面としてコンデンサーレンズでマスク面をケーラー照明する。

【0006】

投影露光装置の解像度 R は、光源の波長 λ と投影光学系の開口数（ NA ）を用いて次式で与えられる。

【0007】

【数1】

$$R = k_1 \times \lambda / NA$$

【0008】

従って、波長を短くすればするほど、及び、 NA を上げれば上げるほど、解像度はよくなる。

【0009】

一方、一定の結像性能を維持できる焦点範囲を焦点深度といい、焦点深度 DOF は次式で与えられる。

【0010】

【数 2】

$$D O F = k_2 \times \lambda / N A^2$$

【0011】

従って、波長を短くすればするほど、及び、NAを上げれば上げるほど、焦点深度は小さくなる。焦点深度は、小さくなるとフォーカス合わせが難しくなり、基板のフラットネス（平坦度）やフォーカス精度を上げることが要求されるため、基本的に大きい方が好ましい。

【0012】

数式 1 及び 2 から NA よりも波長を短くする方が有効であることが理解される。このため、近年の光源は、従来の超高压水銀ランプからより波長の短い KrF エキシマレーザー（波長約 248 nm）や ArF エキシマレーザー（波長約 193 nm）に移行しつつある。

【0013】

しかし、比例定数 k_1 及び k_2 の値は、通常 0.5 乃至 0.7 程度であり、位相シフト等の解像力増強法を用いても 0.4 程度に留まるため、比例定数を低減して解像度を向上することは困難である。また、投影露光装置では、一般に、解像度は使用する光源の波長が略限界であると言われ、エキシマレーザーを使用しても投影露光装置は、0.10 μ m 以下のパターンを形成することが困難である。加えて、仮に、より短い波長を有する光源が存在しても、かかる短波長の露光光を投影光学系に使用される光学材料（即ち、レンズの硝材）が透過できずに（その結果被処理体に投影できずに）露光ができなくなるという問題もある。即ち、殆どの硝材の透過率は遠紫外線領域では 0 に近い。特別な製造方法を用いて製造される合成石英は露光光の波長約 248 nm に対応することができるが、波長 193 nm 以下の波長に対しては透過率が急激に低下する。このため、0.10 μ m 以下の微細パターンに対応する波長 150 nm 以下の露光光に対して透過率が十分に高くして実用的な硝材を開発することは非常に困難である。更に、遠紫外

線領域で使用される硝材は、透過率以外にも、耐久性、屈折率、均一性、光学的歪み、加工性等の複数の観点で一定の条件を満たす必要があり、これらも実質的な硝材の開発を困難にしている。

【0014】

かかる問題に対して、近年、 $0.10\mu\text{m}$ 以下の微細加工を可能にする手段として近接場光学顕微鏡 (Scanning Near Field Microscope : SNOM) を用いた微細加工装置が提案されている。これは、例えば、 100nm 以下の大きさの微小開口から滲み出す近接場光を用いて被処理体 (に塗布されたレジスト) に光の波長限界を越える局所的な露光を行う装置である。しかしながら、これらのSNOM構成のリソグラフィー装置では、いずれも1本或いは数本の加工プローブで一筆書きのように微細加工を行う構成のため、スループットが向上しないという問題を有していた。

【0015】

これを解決する方法として、例えば、複数の微小開口から構成された光マスクから滲み出す近接場光を用いて、光マスクのパターンをレジストに一括転写する方法が提案されている。近接場光を用いて露光を行うには、マスクとレジスト面との間隔を 100nm 以下に設定することを必要としているが、実際には、マスク面の全面に亘ってレジスト面との間隔を 100nm 以下に維持することは、マスクや基板の面精度の限界、及び、マスクと基板の位置合わせに存在する傾き等から困難であり、両者の間隔の不均一性は露光パターンのむらや、マスクによるレジストの部分的押しつぶしという問題を発生させる。かかる問題を解決するため、公開特許平成11年第145051号公報や公開特許平成11年第184094号公報は、マスク面の法線方向に弾性変形可能なマスクを加圧及び減圧下でレジストに密着及び剥離してマスクとレジスト面との間隔を確保する方法を提案している。

【0016】

また、微小開口の長手方向に対して垂直な方向に偏光した光を照射する場合と、平行に偏光した光を照射する場合とでは、微小開口から滲み出す近接場光の強度が変化することが、公開特許2000年112116号公報や、Sub-di

fraction-limited patterning using evanescent near-field optical lithography [M. M. Alkaisi et al Appl. Phys. Lett. vol. 75, Num. 22 (1999)] で報告されている。

【0017】

従って、近接場光を用いる露光においては、露光光の偏光を制御せずに露光を行くと、マスクに形成された微小開口の長手方向に対する露光光の偏光の方向によって微小開口から滲み出す近接場光の強度が変化し、露光パターンにむらが生じる問題を有する。そこで、公開特許 2000 年 112116 号公報には、露光光の偏光を制御することができるマスクが提案されている。かかるマスクは、微小開口の長手方向に平行な電場成分を持つようにする偏光子を作り込み、微小開口の長手方向に対して一定の方向に偏光した露光光によって近接場光を発生させている。

【0018】

【発明が解決しようとする問題】

しかしながら、公開特許 2000 年 112116 号公報において提案されているマスクは、偏光子をマスク毎に作り込まなくてはならないため、偏光子を作り込まないマスクに比べて、生産性が低く、コストが高くなってしまう。従って、マスクのコストが半導体製品のコストアップをもたらす。また、マスクの製作工程が露光工程に付随するとスループットが低下する。

【0019】

更に、マスクの微小開口は、用途により様々なパターンのものを作製しなくてはならないため、多くの種類のマスクが必要である。従って、その都度、マスクの作製工程に偏光子を作り込む工程が付随することになり、マスク及び半導体製品のコストアップ及びスループットの低下を招く。

【0020】

そこで、本発明は、解像度、スループット及び経済性に優れた露光をもたらす近接場光用のマスク、露光装置及び方法を提供することを例示的目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての露光方法は、互いに直交する方向に長手方向を有する開口が形成されたマスクを被処理体に密着させるステップと、前記各方向以外の方向に偏光した露光光を前記マスクに照射するステップとを有することを特徴とする。かかる露光方法によれば、開口から滲み出す近接場光の強度を一定にすることができる。前記照射ステップは、前記マスクの前記開口の長手方向を検出するステップと、前記検出結果に基づいて、前記露光光を生成するステップとを更に有することを特徴とする。前記照射ステップは、前記開口の長手方向に対して略 45° の角度の方向に偏光した露光光を前記マスクに照射することを特徴とする。前記開口は、互いに直交する方向のみに形成されていることを特徴とする。

【0022】

本発明の別の側面としての近接場露光用マスクは、基板に支持されて露光光を透過するマスク母材と、前記マスク母材上に形成されて前記露光光を遮光する遮光膜とを有し、当該遮光膜に互いに直交する方向のみに長手方向を有する開口が形成されていることを特徴とする。かかる近接場露光用マスクによれば、例えば、開口に対して略 45° の偏光方向を有する露光光が照射されたときに、互いに直交する方向のみに長手方向を有する開口によって、同じ強度の偏光とに分けることができるので、一定の強度の近接場光を生成することができる。前記遮光膜は、前記開口の長手方向の情報を含むマークが更に形成されていてもよい。

【0023】

本発明の更に別の側面としての露光装置は、近接場光を用いた露光装置であって、互いに直交する方向に長手方向を有する開口が形成されたマスクを照明する光を射出する光源部と、前記マスクと前記光源部との間に配置され、前記光を前記各方向以外の方向に偏光する偏光部を有することを特徴とする。前記開口の長手方向を検出する検出部を更に有し、前記偏光部は、前記検出部が検出結果に基づいて、前記光の偏光方向を前記開口の長手方向に対して略 45° の角度に制御する偏光制御手段を有することを特徴とする。前記開口は、互いに直交する方向

のみに形成されていることを特徴とする。かかる露光装置によれば、上述した露光方法の作用と同様の作用を奏する。

【 0 0 2 4 】

本発明の更に別の側面としての露光装置は、近接場光を用いた露光装置であって、複数の方向に長手方向を有する開口が形成されたマスクに円偏光の偏光成分を有する露光光を照射する円偏光照射手段を有することを特徴とする。かかる露光装置によれば、露光光が円偏光の偏光成分を有するため、複数の方向に長手方向を有する開口に、一様な電場成分が与えられることになり、開口から滲み出す近接場光の強度を一定とすることができる。前記円偏光照射手段は、円偏光の偏光成分を有する光を射出する光源部を有することを特徴とする。前記円偏光照射手段は、直線偏光の偏光成分を有する光を射出する光源部と、前記光の直線偏光の偏光成分を円偏光の偏光成分に変換する変換素子とを有することを特徴とする。前記円偏光照射手段は、ランダムな偏光成分を有する光を射出する光源部と、前記光のランダムな偏光成分を所定の直線偏光の偏光成分に変換する第 1 の変換素子と、前記所定の直線偏光の偏光成分を円偏光の偏光成分に変換する第 2 の変換素子とを有することを特徴とする。複数の方向に長手方向を有する開口が形成されたマスクを被処理体に密着させるステップと、前記マスクに円偏光の偏光成分を有する光を照射するステップとを有することを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、上述の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とする。上述の露光装置の作用と同様の作用を奏するデバイス製造方法の請求項は、中間及び最終結果物であるデバイス自体にもその効力が及ぶ。また、かかるデバイスは、L S I や V L S I などの半導体チップ、C C D、L C D、磁気センサー、薄膜磁気ヘッドなどを含む。

【 0 0 2 6 】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【 0 0 2 7 】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本発明の例示的な露光装置について説明する。ここで、図1は、本発明の例示的な露光装置1の概略断面図である。露光装置1は、図1に示すように、光源部100と、コリメータレンズ200と、偏光部300と、マスク400と、検出部500と、圧力調整装置600と、プレート700とを有する。

【0028】

露光装置1はプレート700の全面に対応するマスク400で、マスク400に描かれた所定のパターンをプレート700に等倍一括露光をするが、本発明はプレート700よりも小さなマスク400を使用してプレート700の一部分に対する露光をプレート700の位置を変えて繰り返し行うステップアンドリピート露光方式やステップアンドスキャン露光方式など様々な露光方法にも適用することができる。ここで、「ステップアンドスキャン露光方式は、マスク400とプレート700を照射する露光光に対して連続的にスキャンさせてマスク400のパターンをプレートに露光すると共に、1ショットの露光終了後プレート700をステップ移動させて、次のショットの露光領域に移動させる露光法をいう。また、ステップアンドリピート露光方式はプレート700のショットの一括露光ごとにプレート700をステップ移動させて次のショットを露光領域に移動させる露光方法をいう。

【0029】

光源部100は、転写用の回路パターンが形成されたマスク300を照明する照明光を生成する機能を有し、例えば、光源として紫外光又は軟X線を出射するレーザーを使用する。レーザーは、波長約193nmのArFエキシマレーザー、波長約248nmのKrFエキシマレーザー、波長約153nmのF₂エキシマレーザーなどを使用することができるが、レーザーの種類はエキシマレーザーに限定されず、例えば、YAGレーザーを使用してもよいし、そのレーザーの個数も限定されない。また、光源部100に使用可能な光源はレーザーに限定されず、一又は複数の水銀ランプやキセノンランプなどのランプを使用することもできる。

【0030】

コリメータレンズ 200 は、照明光を平行光に変換して圧力調整装置 600 の与圧容器 610 内に導入する。

【0031】

偏光部 300 は、光源部 100 からの露光光を偏光する。より特定のには、偏光部 300 は、後述する検出部 500 が決定した露光光の偏光方向に基づいて、マスク 400 上の微小開口 432 に対して露光光の偏光方向を略 45° の角度に偏光する。偏光部 300 は、偏光子 310 と、駆動部 320 とを有する。偏光子 310 は、マスク 400 の中心に回転軸 T を持つように配置され、かかる回転軸 T を中心として回転可能に駆動部 320 に保持される。偏光子 310 は、露光光を偏光させ、例えば、偏光ビームスプリッタ、偏光板、金属細線のグリッド偏光子、ミラーなど、露光光を偏光させることができるものならば何を用いてもよい。駆動部 320 は、偏光子 310 をマスク 400 に対して水平（即ち、x y 平面内）に保持し、例えば、超音波モーターなどを用いて偏光子 310 を回転軸 T を中心としてマスク 400 に対して水平に回転させる。

【0032】

マスク 400 は、図 2 に示すように、マスク支持体 410 と、マスク母材 420 と、遮光膜 430 とを有する。マスク母材 420 及び遮光膜 430 は、弾性変形可能な薄膜 440 を構成する。ここで、図 2 は、図 1 に示すマスク 400 の概略平面図（図 2（a））と概略断面図（図 2（b））である。図 2（a）は、遮光膜 430 が設けられたおもて面側のマスク 400 の平面図である。マスク 400 は、近接場光を利用して薄膜 440 の微小開口 432 により定義されたパターンをレジスト 720 に等倍転写する。マスク 400 は、図 1 における下側の面が遮光膜 430 が取り付けられたおもて面側であり、圧力調整装置 600 の与圧容器 610 の外側に配置されている。

【0033】

マスク支持体 410 は、マスク母材 420 と遮光膜 430 からなる薄膜 440 を支持し、図 1 に示す圧力調整装置 600 の与圧容器 610 の底部に固定（例えば、接着）される。マスク支持体 410 は、与圧容器 610 の圧力変化に耐圧性

と与圧容器 610 の機密性を維持することのできる部材から構成される。本実施形態では、マスク支持体 410 はマスク 400 の輪郭部に設けられている。

【0034】

マスク母材 420 は、 Si_3N_4 や SiO_2 等、マスク面法線方向（即ち、厚さ方向）に弾性変形による撓みを生じることが可能な弾性体からなり、且つ、露光光を透過可能な材料から構成される。マスク母材 420 が弾性体から構成されることによって、後述する薄膜 440 が弾性変形可能となる。

【0035】

遮光膜 430 は、マスク母材 420 の上に約 10 nm 乃至 100 nm の膜厚で成膜されて遮光性を有する金属膜その他の膜である。遮光膜 430 は、図 2（a）に示すように、所望のパターンを定義して近接場光が滲み出す予定の微小開口 432 と、指示マーク 434 とを有し、微小開口 432 が形成されている部位は開口しているがそれ以外の部位では露光光を遮光する。微小開口 432 から滲み出す近接場光の強度を上げるためには、遮光膜 430 を薄くする必要があるが、薄すぎる遮光膜 430 は微小開口 432 以外からの光漏れを招く。本実施形態の遮光膜 430 の膜厚範囲は良好な近接場と遮光性を維持するのに好適である。

【0036】

なお、レジスト 720 に密着する側の遮光膜 430 の表面が平坦でないとレジスト 720 とうまく密着せずに露光むらを招く。このため、遮光膜 430 の表面の凹凸の大きさは、少なくとも約 100 nm 以下、望ましくは約 10 nm 以下に維持される。

【0037】

微小開口 432 は、それぞれ同一又は異なるパターンを構成することができるが、図 2（a）に示すように、x 方向及び y 方向の 2 方向のみに微小開口 432 の長手方向が向いている。但し、本実施形態では、x 方向及び y 方向に微小開口 432 の長手方向が伸びているが、図 2（a）中の x 方向及び y 方向に限るものではなく、微小開口 432 の長手方向が互いに直交している 2 方向にのみ向いている（例えば、カギ型）ならばよい。

【0038】

近接場光を使用する露光は、パターンを等倍転写するので、微小開口 432 のパターンも光源部 100 からの露光光の波長に比べて小さい約 1 nm 乃至約 100 nm に形成されなければならない。微小開口 432 のパターンの幅が約 100 nm 以上になると、近接場光ばかりでなく光強度の高い直接光がマスク 400 を透過し、パターンにより光量レベルが大きく異なるために好ましくない。また、約 1 nm 以下の場合は、露光は不可能ではないが、マスク 400 から滲み出す近接場光の強度が極めて小さくなり、露光に長時間を要するので実用的でない。

【0039】

なお、微小開口 432 から滲み出す近接場光の強度は、微小開口 432 の大きさによって異なる。従って、微小開口 432 の大きさがまちまちであるとレジスト 720 に対する露光の程度にばらつきが生じ、均一なパターン形成が困難になる。かかる均一性の問題を避けるためには、一回の近接場光の露光プロセスで用いるマスク 400 上の微小開口 432 のパターンの幅を揃えることが好ましい。

【0040】

指示マーク 434 は、微小開口 432 の長手方向に対する露光光の偏光方向を指示する。即ち、指示マーク 434 は、微小開口 432 の長手方向を検出するための情報を含む。指示マーク 434 は、本実施形態において、図 2 (a) に示すように、マスク 400 上の微小開口 434 の長手方向に対して 45° の角度を有するように、遮光膜 430 に形成されている。従って、指示マーク 434 の長手方向と露光光の偏光方向を一致させれば、微小開口 432 の長手方向に対して露光光の偏光方向の角度が 45° となる。なお、指示マーク 434 は、露光に影響を与えない、即ち、微小開口 432 が形成されている部位とは異なる部位に形成されることは言うまでもない。

【0041】

ここで、図 3 乃至図 5 を用いて、マスク 400 の微小開口 432 と露光光の偏光方向について説明する。ここで、図 3 及び図 4 は、微小開口 432 と露光光の偏光方向 A との関係を示す概略平面図である。図 5 は、図 2 に示すマスク 400 の微小開口 432 の要部概略平面図であって、微小開口 432 と露光光の偏光方向 A との関係を示している。

【0042】

図3に示すように、微小開口432の長手方向であるy方向に対してマスク400面内で略45°の角度を有する偏光方向Aの光は、微小開口432に対して同じ強度のx方向成分A_xとy方向成分A_yの偏光とに分けて考えることができる。同様に、図4に示すように、x方向に微小開口432の長手方向が向いていても、微小開口432の長手方向に対してマスク400面内で略45°の角度を有する偏光方向Aの光は、微小開口432に対して同じ強度のx方向成分A_xとy方向成分A_yの偏光とに分けて考えることができる。

【0043】

本実施形態におけるマスク400は、図5に示すように、微小開口432の長手方向がx方向とy方向の2方向のみに向いており、図3及び図4に示した場合の微小開口432が混在していることとなる。そのため、図3及び図4に示した微小開口432に同じ露光光が入射されることになり、x方向成分、y方向成分ともに同じ強度の偏光となる。従って、微小開口432の長手方向がx方向、y方向のどちらの方向を向いていても、微小開口432から滲み出す近接場光の強度は一定となる。即ち、本実施形態のマスク400は、微小開口432の長手方向（x方向及びy方向）に対する露光光の偏光方向Bを略45°の角度にすることで、マスク400に偏光子を作り込むことなく、微小開口432から滲み出す近接場光の強度を一定にしている。

【0044】

検出部500は、例えば、CCDカメラを用いてマスク400の指示マーク434を検出する。検出部500は、指示マーク434を検出することで、マスク400の微小開口432の長手方向を読み取り、露光光を偏光させる方向を決定する。

【0045】

圧力調整装置600は、マスク400とプレート700、より特定的には、薄膜440の遮光膜430（微小開口432）とレジスト720との良好な密着及び分離を容易にする。遮光膜430の表面とレジスト720の表面がともに完全に平坦であれば、両者を接触することによって全面に亘って両者を密着させるこ

とができる。しかし、実際には、遮光膜 430 の表面やレジスト 720 / 基板 710 の表面には凹凸やうねりが存在するので、両者を近づけて接触するだけでは密着部分と非密着部分が混在することになってしまう。非密着部分では、微小開口 432 とプレート 700 とは近接場光が働く距離の範囲内に配置されないため、露光むらが生じる。そこで、本実施形態では、圧力調整装置 600 を介して薄膜 440 の裏面からおもて面に圧力を印加し、薄膜 440 を弾性変形させて遮光膜 430 をレジスト 720 に押し付けることにより、両者を全面に亘って密着させる。また、遮光膜 430 をプレート 700 から剥離する際はこれと逆の圧力印加を行う。

【0046】

圧力調整装置 600 は、与圧容器 610 と、ガラスなどから構成される光透過窓 620 と、圧力調整手段 630 と、圧力調整弁 640 とを有する。与圧容器 610 は、光透過窓 620 とマスク 400 と圧力調整弁 640 によって機密性が維持される。与圧容器 610 は、圧力調整弁 640 を通して圧力調整手段 630 に接続され、与圧容器 610 内の圧力を調整することができるように構成されている。圧力調整手段 630 は、例えば、高圧ガスポンプからなり、圧力調節弁 640 を介して与圧容器 610 内の圧力を上げることができる。また、圧力調整手段 630 は、図示しない排気ポンプも含み、図示しない圧力調節弁 640 を介して与圧容器 610 内の圧力を下げることができる。

【0047】

遮光膜 430 とレジスト 720 との密着は、与圧容器 610 の圧力を調整することによって調整される。マスク 400 面やレジスト 720 / 基板 710 面の凹凸やうねりがやや大きいときには与圧容器 610 内の圧力を高めに設定して密着力を増大させ、凹凸やうねりによるマスク 400 面との間隔ばらつきをなくすことができる。

【0048】

代替的に、マスク 400 のおもて面側及びレジスト 720 / 基板 710 側を減圧容器内に配置してもよい。この場合には、減圧容器内より高い外気圧との圧力差によりマスク 400 の裏面側からおもて面側に圧力がかかり、マスク 400 と

レジスト 720 との密着性を高めることができる。いずれにしても、マスク 400 のおもて面側よりも裏面側が高い圧力となるように圧力差が設けられる。マスク 400 面やレジスト 720 / 基板 710 面の凹凸やうねりが大きいときには減圧容器内の圧力を低めに設定して密着力を増大させ、マスク 400 面とレジスト 720 との間隔ばらつきをなくすることができる。

【0049】

更に、他の代替的な実施形態においては、与圧容器 610 の内部を露光光 に大して透明な液体で満たし、図示しないシリンダーを用いて与圧容器 610 の内部の液体の圧力を調整するようにしてもよい。

【0050】

プレート 700 は、ウェハなどの基板 710 とそれに塗布されたフォトレジスト 720 から構成され、ステージ 750 上に取り付けられている。レジスト 720 の塗布工程は、前処理と、密着性向上剤塗布処理と、レジスト 720 の塗布処理と、プリベーク処理とを含む。前処理は洗浄、乾燥などを含む。密着性向上剤塗布処理は、フォトレジスト 720 と基板 710 との密着性を高めるための表面改質（即ち、界面活性剤塗布による疎水性化）処理であり、HMDS（Hexamethyldisilazane）などの有機膜をコート又は蒸気処理する。プリベークはベーキング（焼成）工程であるが現像後のそれよりもソフトであり、溶剤を除去する。

【0051】

基板 710 は、Si、GaAs、InP 等の半導体基板や、ガラス、石英、BN 等の絶縁性基板、又は、これらの基板上に金属、酸化物、窒化物等を成膜したものなど、広い範囲のものを使用することができる。但し、マスク 400 と露光領域全域に亘って望ましくは 10 nm 以下、少なくとも 100 nm 以下の間隔になるよう密着されることが必要であるため、基板 710 にはなるべく平坦なものを選択する必要がある。

【0052】

同様に、レジスト 720 の形状も表面の凹凸が小さく平坦である必要がある。薄膜 440 から滲み出した近接場光の強度はマスク 400 から遠ざかるにつれ指

数関数的に減少するため、レジスト 720 の 100 nm 以上の深いところまで露光することが困難である。また、近接場光は、レジスト 720 の中で散乱されるように広がるため、露光パターン幅が広がることを考慮すると、レジスト 720 の厚さは少なくとも約 100 nm 以下でできるだけ薄くする必要がある。

【0053】

以上から、レジスト 720 の材料及びコーティング方法は、膜厚及びレジスト 720 表面の凹凸が望ましくは約 10 nm 以下、少なくとも約 100 nm 以下となるように選択される必要がある。例えば、汎用光レジスト材料をなるべく粘性が低くなる溶媒に溶かし、スピコートで薄く、且つ、均一な厚さになるようにコーティングする方法をあげることができる。他の光レジスト材料及びコーティング法の例として、一分子中に疎水基、親水基、官能基を有する両親媒性光レジスト材料分子を水面上に並べた単分子膜を所定の回数、基板上にすくいにとって、基板上に単分子膜の累積膜を形成するラングミュアー・プロジェクト法（LB 法）をあげることにもできる。更には、溶媒中や気相中で基板に対して一分子層だけで物理吸着又は化学結合することにより、基板上に光レジスト材料の単分子膜を形成する自己配向単分子膜形成法（SAM 法）を用いてもよい。LB 法や SAM 法は極めて薄いレジスト膜を均一な厚さで平坦性よく形成することができるために好適である。

【0054】

近接場光を使用する露光では露光時、露光領域全面に亘ってマスク 400 とレジスト 720 / 基板 710 の間隔を少なくとも約 100 nm 以下に、均一に維持する必要がある。このため基板 710 は、他のリソグラフィープロセスを経て既にその上に 100 nm 以上の凹凸パターンが形成されているものは好ましくない。従って、他のプロセスをあまり経ていない、例えば、プロセス初期段階のできるだけ平坦な基板 710 が望ましい。近接場光の露光プロセスを他のリソグラフィープロセスと組み合わせる場合も近接場光の露光プロセスはできるだけ初めに行うことが望ましい。

【0055】

レジスト 720 とマスク 400 は、露光時には、近接場光が働く距離の範囲内

、本実施形態では、0乃至光源部100から出射される露光光の波長以下、に密着される。通常、露光光の波長より小さい微小開口432を露光光が透過することはないが、微小開口432からは近接場光が滲み出している。近接場光は、微小開口432から約100nmの距離以下の近傍にのみ存在する非伝搬光であり、微小開口432から離れるとその強度が急激に減少する。そこで、近接場光が滲み出す微小開口432とレジスト720とを相対的に約100nm以下の距離にまで近づける。例えば、光源部100の光源に波長約248nm以下のKrFエキシマレーザーを使用する場合、マスク300とプレート700との距離は波長の半分の約124nm以下に設定することが好ましい。同様に、光源部100の光源に波長約193nm以下のArFエキシマレーザーを使用する場合、マスク400とプレート700との距離は波長の半分の約100nm以下に設定することが好ましい。

【0056】

ステージ750は、図示しない外部装置により駆動されて、プレート700をマスク400に対して2次元、且つ、相対的に位置合わせすると共にプレート700を図1において上下移動する。本実施形態のステージ750は、プレート700を図示しない着脱位置と図1に示す露光位置との間で移動する。着脱位置において、露光前に新しいプレート700がステージに装着されると共に露光後のプレート700が取り外される。

【0057】

露光に際しては、ステージ750がプレート700をマスク400に対して2次元、且つ、相対的に位置合わせする。位置合わせが完了すると、マスク400のおもて面とレジスト720の表面の間隔がレジスト720の全面に亘って、薄膜440が弾性変形すれば100nm以下となって密着する範囲まで、ステージ750はプレート700をマスク400面の法線方向に沿って駆動する。

【0058】

次いで、マスク400とプレート700とが密着される。具体的には、圧力調節弁640が開口して圧力調整手段630が高压ガスを与圧容器610に導入して与圧容器610の内部圧力を上げた後に圧力調節弁640が閉口する。与圧容

器 610 の内部圧力が高められると薄膜 440 が弾性変形してレジスト 720 に押し付けられる。この結果、薄膜 440 が、レジスト 720 に対して近接場光が働く範囲内で、全面に亘って均一な圧力で、密着する。このような方法で圧力の印加を行うと、パスカルの原理により、薄膜 440 とレジスト 720 との間に作用する斥力が均一になり、薄膜 440 やレジスト 720 に局所的に大きな力が加わったりすることがなく、マスク 400 やプレート 700 が局所的に破損することがなくなる。

【0059】

次いで、マスク 400 上の指示マーク 434 から露光光を偏光させる方向を検出部 500 により検出し、マスク 400 に形成された微小開口 432 の長手方向に対して露光光の偏光方向が略 45° となるように、偏光部 300 の駆動部 320 により偏光子 310 を回転軸 T を中心にマスク 400 に水平に回転させる。なお、本実施形態では、偏光子 310 を回転させたが、偏光子 310 を固定し、微小開口 432 が露光光の偏光方向に略 45° の角度を有するようにマスク 400 を回転させてもよい。但し、マスク 400 の回転は、マスク 400 とプレート 700 を密着させる前に行う。また、偏光子 310 を用いないで、直線偏光のレーザーそのものをレーザーの出射方向を回転軸としてマスク 400 上の指示マーク 434 に応じて回転させ、偏光方向を回転させ微小開口 432 の長手方向に対して略 45° の角度を有するようにしてもよい。

【0060】

この状態で露光がなされる。即ち、光源部 100 から出射されてコリメータレンズ 200 により平行にされた露光光が、偏光子 310、光透過窓 620 を通して与圧容器 610 内に導入される。この際、露光光は、遮光膜 430 に形成された微小開口 432 に対応した方向（即ち、微小開口 432 の長手方向に対して露光光の偏光方向が 45° となるよう）に偏光されている。与圧容器 610 に導入された光は、与圧容器 610 の底面に配置されたマスク 400 を裏面側からおもて面側に、即ち、図 1 における上側から下側に透過し、薄膜 440 の微小開口 432 によって定義されたパターンから滲み出す近接場光になる。近接場光はレジスト 720 の中で散乱し、レジスト 720 を露光する。レジスト 720 の膜厚が

十分薄ければレジスト 720 中の近接場光の散乱もあまり広がらず、露光光の波長より小さい微小開口 432 のスリットに応じたパターンをレジスト 720 に転写することができる。

【0061】

以上のように、マスク 400 上の微小開口 432 の長手方向に対して略 45° の角度の偏光方向を有する露光光で露光を行うことで、微小開口 432 から滲み出す近接場光の強度が一定となり、マスク 400 に偏光子を作り込むことなく、レジスト 720 への露光むらを低減させることができる。

【0062】

露光後、図示しない弁を開き、圧力調整手段 600 の図示しない排気ポンプから与圧容器 610 の内部を排気して与圧容器 610 の圧力を下げ、薄膜 440 をレジスト 720 から弾性変形により分離（又は剥離）する。このような方法で減圧を行うと、パスカルの原理により薄膜 440 とレジスト 720 との間に作用する斥力が均一になり、薄膜 440 やレジスト 720 に局所的に大きな力が加わったりすることがなく、マスク 400 やプレート 700 が局所的に破損することがなくなる。

【0063】

このとき、与圧容器 610 の圧力を調整することにより、マスク 400 とレジスト 720 / 基板 710 との間に働く引力、即ち、両者の引っ張り力を制御することができる。例えば、マスク 400 面とレジスト 720 / 基板 710 面との間の吸着力が大きいときには、与圧容器 610 内の圧力をより低めに設定することにより、引っ張り力を増大させ、剥離しやすくすることができる。

【0064】

その後、プレート 700 は、ステージ 750 によって着脱位置に移動されて新しいプレート 700 に交換されて、同様なプロセスが繰り返される。

【0065】

【実施例】

【実施例 1】

以下、露光装置 1 が一括して複数の同一パターンを転写する場合について説明

する。マスク 400 を作製する場合、マスク支持体 410 としてシリコンウェハ (Si [1 0 0]) を選択し、Si [1 0 0] 上に SiN を LPCVD 法 (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) を用いて 500 nm だけ成膜してマスク母材 420 を形成した。次いで、マスク母材 420 上に遮光膜 430 となる Cr を 50 nm だけスパッタリング法により形成した。遮光膜 430 に露光光の波長以下の微小開口 432 (開口径 ~ 100 nm) を所望のパターンに電子線リソグラフィ法により形成した。即ち、電子線レジストを Cr 膜表面に塗布して電子線レジストに電子線ビームでパターンを形成した。パターンを形成後、CCl₄ でドライエッチングを行い、Cr 膜に微小開口 432 を形成した。本実施形態の微小開口 432 は、図 2 (a) に示すように、長手方向が x 方向及び y 方向のみに向いている。つまり、互いに直交する方向の 2 種類にのみ長手方向を持つように微小開口 432 を形成する。次に、微小開口 432 の長手方向の向きに対する露光光の偏光方向を指示する指示マーク 434 を、微小開口 432 を形成した方法と同様に、電子線リソグラフィ法及びドライエッチング法により遮光膜 430 である Cr 膜に形成した。次に、遮光膜 430 とは反対の面に、マスク 400 を作製したい部分に 26 mm × 26 mm の大きさでパターニングを施し、その部分の SiN を CF₄ ガスを用いた RIE (Reactive Ion Etching) を行って除去する。残った SiN をエッチングマスクとし、110℃ に温めた 30 wt % の水酸化カリウム水溶液を用いてシリコンをエッチングしてマスク 400 を作製したい部分のシリコンのみを取り除く。以上のようなプロセスによってシリコンウェハに支持されたマスク 400 を作製した。

【0066】

本実施形態では、マスク母材 420 に SiN を、遮光膜 430 に Cr を使用したが、本発明は特定の材料に限るものではない。マスク母材 420 は、露光光が透過する材料から構成されて、薄膜 440 に十分な機械的強度を与えることが好ましく、遮光膜 430 は、プレート 700 に影響を与えず、且つ、露光光が透過しない材料から構成され、十分に光が減衰する膜厚であることが望ましい。

【0067】

以上のように作製したマスク 400 を、図 1 に示す露光装置 1 に取り付ける。その後、検出部 500 によりマスク 400 上の指示マーク 434 を検出する。本実施形態では、指示マーク 434 が微小開口 432 の長手方向に対して 45° の角度を有して形成されているため、指示マーク 434 の長手方向に露光光を偏光する。駆動部 320 により微小開口 432 の長手方向に対して露光光の偏光方向が 45° となるように、偏光子 310 を回転させる。

【0068】

次いで、被露光物であるレジスト 720 とマスク 400 を密着するために、マスク 400 とプレート 400 とをアライメントする。その後、圧力調整手段 630 から圧縮空気を 40 kPa の圧力で与圧容器 610 に導入することで、マスク 400 のおもて面と裏面のとの間に圧力差を設ける。そして、薄膜 440 を撓ませてレジスト 720 に均一に約 100 nm 以下に密着させる。

【0069】

マスク 400 とレジスト 720 を密着させた後、光源部 100 として波長 436 nm 及び 365 nm を強い強度で照射する水銀ランプから光を照射し、コリメータレンズ 200 を通して平行光とする。かかる平行光を、偏光子 310 を介して、微小開口 432 の長手方向に対して 45° の方向に偏光された露光光とし、マスク 400 全面に照射する。マスク 400 に照射された露光光は、マスク 400 全面の微小開口 432 からからしみ出し、強度が均一な近接場光となり、レジスト 720 の全面に微小開口 432 のパターンを露光むらなく一括露光することができた。

【0070】

マスク 400 とプレート 700 との剥離時には、与圧容器 610 の内部圧力を圧力調整手段 630 を通じて大気圧より 40 kPa ほど低い圧力にして、マスク 400 とプレート 700 とを剥離した。

【0071】

以下、図 6 乃至図 9 を参照して、露光装置 1 の変形例である露光装置 1A について説明する。図 6 は、図 1 に示す露光装置 1 の変形例である露光装置 1A の概略断面図である。露光装置 1A は、図 1 の露光装置 1 と比べて、光源部 100A

とマスク 400A の構成が異なる。その他、図 1 に示すのと同じの参照符号を付したものはその参照符号の表す部材と同一であるものとし、重複説明は省略する。

【0072】

光源部 100A は、転写用の回路パターンが形成されたマスク 400A を照明する照明光を生成する機能を有し、例えば、光源として円偏光の偏光特性を有する光を出射するゼーマンレーザーを使用する。なお、光源部 100A に使用可能な光源は、ゼーマンレーザーに限定されず、例えば、図 9 に示すように、直線偏光の偏光特性を有する紫外光又は軟 X 線を出射するレーザー（例えば、波長約 193 nm の ArF エキシマレーザー、波長約 248 nm の KrF エキシマレーザー、波長約 153 nm の F₂ エキシマレーザーなど）を円偏光変換部 300A を介して、円偏光としてもよい。円偏光変換部 300A は、例えば、1/4 波長板 310A と、駆動部 320A とを有し、直線偏光の偏光特性を有する光を円偏光に変換する。1/4 波長板 310A は、駆動部 320A に駆動可能に保持され、入射した直線偏光の光を円偏光に変換して出射する。駆動部 320A は、1/4 波長板 310A を保持し、光源部 100A から出射する光の偏光面に対して正確に円偏光が 1/4 波長板 310A から出射されるように回転させる。ここで、図 9 は、光源部 100A に直線偏光の光を射出する光源を用いた場合の露光装置 1A の概略断面図である。なお、1/4 波長板 310A を用いずに、電界をかけることにより直線偏光を円偏光に変換するポッケルスセルなどを用いてもよい。また、水銀ランプのようなランダムな偏光の光を偏光子を通して直線偏光にし、更に、1/4 波長板を通して円偏光としてもよい。即ち、光源部 100A から出射される光を、マスク 400A に照射される以前に、円偏光の光とすればよい。

【0073】

マスク 400A は、図 7 に示すように、マスク支持体 410A と、マスク母材 420A と、遮光膜 430A とを有する。マスク母材 420A 及び遮光膜 430A は、弾性変形可能な薄膜 440A を構成する。ここで、図 7 は、図 6 に示すマスク 400A の概略平面図（図 7（a））と概略断面図（図 7（b））である。図 7（a）は、遮光膜 430A が設けられたおもて面側のマスク 400A の平面

図である。マスク 400A は、近接場光を利用して薄膜 440A の微小開口 432A により定義されたパターンをレジスト 720 に等倍転写する。マスク 400A は、図 7 における下側の面が遮光膜 430A が取り付けられたおもて面側であり、圧力調整装置 600 の与圧容器 610 の外側に配置されている。

【0074】

マスク支持体 410A は、マスク母材 420A と遮光膜 430A からなる薄膜 440A を支持し、図 7 に示す圧力調整装置 600 の与圧容器 610 の底部に固定（例えば、接着）される。マスク支持体 410A は、与圧容器 610 の圧力変化に耐圧性と与圧容器 610 の機密性を維持することのできる部材から構成される。本実施形態では、マスク支持体 410A はマスク 400A の輪郭部に設けられている。

【0075】

マスク母材 420A は、 Si_3N_4 や SiO_2 等、マスク面法線方向（即ち、厚さ方向）に弾性変形による撓みを生じることが可能な弾性体からなり、且つ、露光光を透過可能な材料から構成される。マスク母材 420A が弾性体から構成されることによって、後述する薄膜 440A が弾性変形可能となる。

【0076】

遮光膜 430A は、マスク母材 420A の上に約 10 nm 乃至 100 nm の膜厚で成膜されて遮光性を有する金属膜その他の膜である。遮光膜 430A は、図 7 (a) に示すように、所望のパターンを定義して近接場光が滲み出す予定の微小開口 432A を有し、微小開口 432A が形成されている部位は開口しているがそれ以外の部位では露光光を遮光する。微小開口 432A から滲み出す近接場光の強度を上げるためには、遮光膜 430A を薄くする必要があるが、薄すぎる遮光膜 430A は微小開口 432A 以外からの光漏れを招く。本実施形態の遮光膜 430A の膜厚範囲は良好な近接場と遮光性を維持するのに好適である。

【0077】

なお、レジスト 720 に密着する側の遮光膜 430A の表面が平坦でないとレジスト 720 とうまく密着せずに露光むらを招く。このため、遮光膜 430A の表面の凹凸の大きさは、少なくとも約 100 nm 以下、望ましくは約 10 nm 以

下に維持される。

【0078】

微小開口432Aは、それぞれ同一又は異なるパターンを構成することができるが、図7(a)では、微小開口432Aは、異なるパターンを定義している。近接場光を使用する露光はパターンを等倍転写するので、微小開口432Aのパターンも光源部100Aからの露光光の波長に比べて小さい約1nm乃至約100nmに形成されなければならない。パターンは、100nm以下であれば、任意の形状（例えば、カギ型やS字型）を有することができる。微小開口432Aのパターンの幅が約100nm以上になると、近接場光ばかりでなく光強度の高い直接光がマスク400Aを透過し、パターンにより光量レベルが大きく異なるために好ましくない。また、約1nm以下の場合、露光は不可能ではないが、マスク400Aから滲み出す近接場光の強度が極めて小さくなり、露光に長時間を要するので実用的でない。

【0079】

なお、微小開口432Aから滲み出す近接場光の強度は、微小開口432Aの大きさによって異なる。従って、微小開口432Aの大きさがまちまちであるとレジスト720に対する露光の程度にばらつきが生じ、均一なパターン形成が困難になる。かかる均一性の問題を避けるためには、一回の近接場光の露光プロセスで用いるマスク400A上の微小開口432Aのパターンの幅を揃えることが好ましい。

【0080】

ここで、図8を用いて、マスク400Aの微小開口432Aと円偏光の露光光との関係について説明する。ここで、図8は、微小開口432Aと円偏光の露光光との関係を示す概略平面図である。本実施形態では、露光光に円偏光の光を用いることにより、露光光に全ての偏光成分が含まれることになり、微小開口432Aの長手方向に対する角度依存性がなくなる。即ち、図8に示すように、微小開口432Aの長手方向 α がx方向、y方向及びその中間の方向のどのような方向に向いていても、露光光は円偏光 β であるため、微小開口432Aには、どの方向にも一様な電場成分が与えられることになる。従って、微小開口432Aの

長手方向 α に対して垂直な方向に偏光した光を照射する場合と、平行に偏光した光を照射する場合とで変化する微小開口 432A から滲み出る近接場光の強度、即ち、微小開口 432A の長手方向に対する光の偏光特性を無視することができる。これにより、マスク 400A に形成された任意の方向に長手方向を有する微小開口 432A から滲み出る近接場光の強度を一定とすることができる。

【0081】

露光に際しては、ステージ 750 がプレート 700 をマスク 400A に対して 2 次元的に、且つ、相対的に位置合わせする。位置合わせが完了すると、マスク 400A のおもて面とレジスト 720 の表面の間隔がレジスト 720 の全面に亘って、薄膜 440A が弾性変形すれば 100nm 以下となって密着する範囲まで、ステージ 750 はプレート 700 をマスク 400A 面の法線方向に沿って駆動する。次いで、マスク 400A とプレート 700 とが密着される。具体的には、露光装置 1 で説明した方法と同様であるので、ここでは省略する。

【0082】

この状態で露光がなされる。即ち、光源部 100 から出射されてコリメータレンズ 200 により平行にされた円偏光の偏光特性を有する露光光が、光透過窓 620 を通して与圧容器 610 内に導入される。与圧容器 610 に導入された光は、与圧容器 610 の底面に配置されたマスク 400A を裏面側からおもて面側に、即ち、図 8 における上側から下側に透過し、薄膜 440A の微小開口 432A によって定義されたパターンから滲み出す近接場光になる。近接場光はレジスト 720 の中で散乱し、レジスト 720 を露光する。レジスト 720 の膜厚が十分薄ければレジスト 720 中の近接場光の散乱もあまり広がらず、露光光の波長より小さい微小開口 432A のスリットに応じたパターンをレジスト 720 に転写することができる。露光後、圧力調整装置 600 を用いて、薄膜 440 をレジスト 720 から弾性変形により分離（又は剥離）する。

【0083】

以上のように、マスク 400A をレジスト 720 / 基板 710 に密着し、露光光に円偏光の偏光成分を有する光を用いることで、微小開口 432A から滲み出す近接場光の強度が一定となり、マスク 400A に偏光子を作り込むことなく、

レジスト 720 への露光むらを低減させることができる。

【0084】

【実施例】

【実施例 2】

以下、露光装置 1A が一括してマスク 400A に形成されたパターンを転写する場合について説明する。マスク 400A を作製する場合、マスク支持体 410A としてシリコンウェハ (Si [1 0 0]) を選択し、Si [1 0 0] 上に SiN を LPCVD 法 (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) を用いて 500nm だけ成膜してマスク母材 420A を形成した。次いで、マスク母材 420A 上に遮光膜 430A となる Cr を 50nm だけスパッタリング法により形成した。遮光膜 430A に露光光の波長以下の微小開口 432A (開口径 ~ 100nm) を所望のパターンに電子線リソグラフィ法により形成した。本実施形態の微小開口 432A は、図 7 に示すように、長手方向が任意の方向に向いている。次に、遮光膜 430A とは反対の面に、マスク 400A を作製したい部分に 26mm × 26mm の大きさでパターニングを施し、その部分の SiN を CF₄ ガスを用いた RIE (Reactive Ion Etching) を行って除去する。残った SiN をエッチングマスクとし、110℃ に温めた 30wt% の水酸化カリウム水溶液を用いてシリコンをエッチングしてマスク 400A を作製したい部分のシリコンのみを取り除く。以上のようなプロセスによってシリコンウェハに支持されたマスク 400A を作製した。

【0085】

本実施形態では、マスク母材 420A に SiN を、遮光膜 430A に Cr を使用したが、本発明は特定の材料に限るものではない。マスク母材 420A は、露光光が透過する材料から構成されて薄膜 440A に十分な機械的強度を与えることが好ましく、遮光膜 430A は、プレート 700 に影響を与えず、且つ、露光光が透過しない材料から構成され、十分に光が減衰する膜厚であることが望ましい。

【0086】

以上のように作製したマスク 400A を、図 9 に示す露光装置 1A に取り付ける。被露光物であるレジスト 720 とマスク 400A を密着させるために、マスク 400A とプレート 700 とをアライメントする。その後、圧力調整手段 630 から圧縮空気を 40 kPa の圧力で与圧容器 610 に導入することで、マスク 400A のおもて面と裏面との間に圧力差を設ける。そして、薄膜 440A を撓ませてレジスト 720 に均一に約 100 nm 以下に密着させる。

【0087】

マスク 400A とレジスト 720 を密着させた後、光源部 100A として波長 860 nm を照射する SHG（第二高調波）レーザーから直線偏光の光を照射し、コリメータレンズ 200 を通して平行光とする。かかる平行光を、1/4 波長板 310A を介して、円偏光の偏光特性を有する露光光とし、マスク 400A 全面に照射する。マスク 400A に照射された露光光は、マスク 400A 全面の微小開口 432A から滲み出し、強度が均一な近接場光となり、レジスト 720 の全面に微小開口 432A のパターンを露光むらなく一括露光することができた。

【0088】

マスク 400A とプレート 700 との剥離時には、与圧容器 610 の内部圧力を圧力調整手段 630 を通じて大気圧より 40 kPa ほど低い圧力にして、マスク 400A とプレート 700 とを剥離した。

【0089】

次に、図 10 及び図 11 を参照して、上述の露光装置 1 又は露光装置 1A を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図 10 は、デバイス（IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CCD 等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ 1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ 2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ 3（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ 4（ウェハプロセス）は前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィー技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、ア

ッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0090】

図11は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、上述した露光装置1又は露光装置1Aによってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返すことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施例のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。

【0091】

以上、本発明の好ましい実施例を説明したが、本発明はこれらに限定されずその要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0092】

【発明の効果】

本発明のマスク、露光装置及び方法によれば、マスクに偏光子を作り込むことなく、微小開口から滲み出る近接場光の強度を一定にすることができる。従って、露光マスクの生産性が高くなり、さらに低コスト化が行える。そのため、低コストなマスクを利用した露光むらのない近接場光を用いる露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の例示的な露光装置の概略断面図である。

【図2】 図1に示すマスクの概略平面図と概略断面図である。

【図3】 微小開口と露光光の偏光方向との関係を示す概略平面図である。

【図4】 微小開口と露光光の偏光方向との関係を示す概略平面図である。

【図5】 図2に示すマスクの微小開口の要部概略平面図である。

【図6】 図1に示す露光装置の変形例である露光装置の概略断面図である。

【図7】 図6に示すマスクの概略平面図と概略断面図である。

【図8】 微小開口と円偏光の偏光特性を有する露光光との関係を示す概略平面図である。

【図9】 光源部に直線偏光の光を射出する光源を用いた場合の露光装置の概略断面図である。

【図10】 デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。

【図11】 図10に示すステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

【符号の説明】

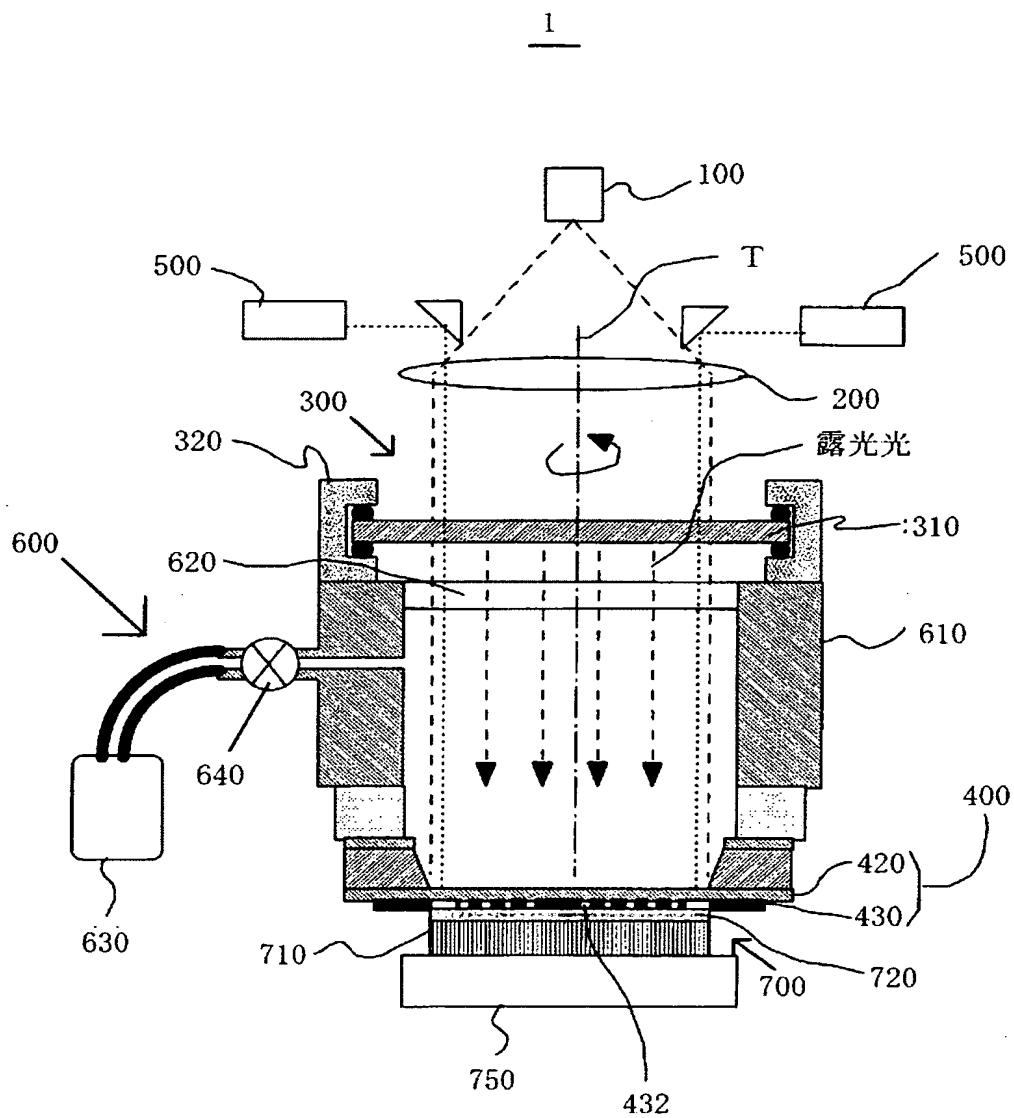
1	露光装置
1A	露光装置
100	光源部
100A	光源部
300	偏光部
300A	円偏光変換部
310	偏光子
310A	1/4波長板
320	駆動部
320A	駆動部
400	マスク
400A	マスク
410	マスク支持体
410A	マスク支持体

4 2 0	マスク母材
4 2 0 A	マスク母材
4 3 0	遮光膜
4 3 0 A	遮光膜
4 3 2	微小開口
4 3 2 A	微小開口
4 3 4	指示マーク
4 4 0	薄膜
4 4 0 A	薄膜
5 0 0	検出部
6 0 0	圧力調整装置
7 0 0	プレート

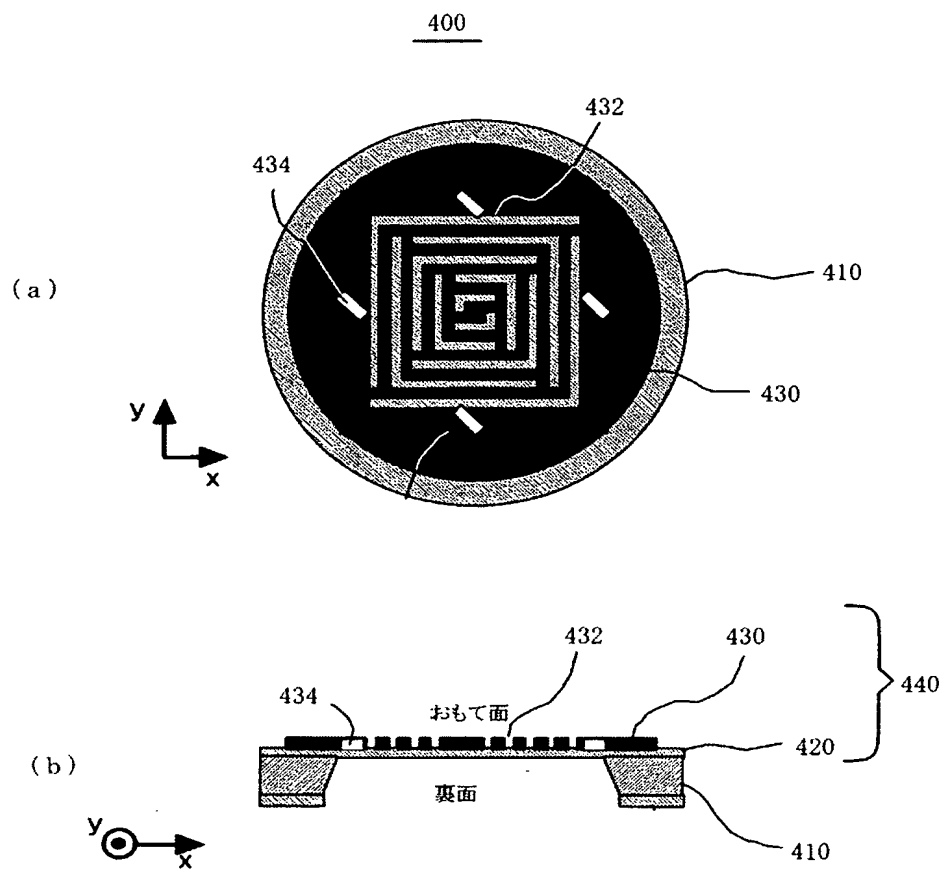
【書類名】

図面

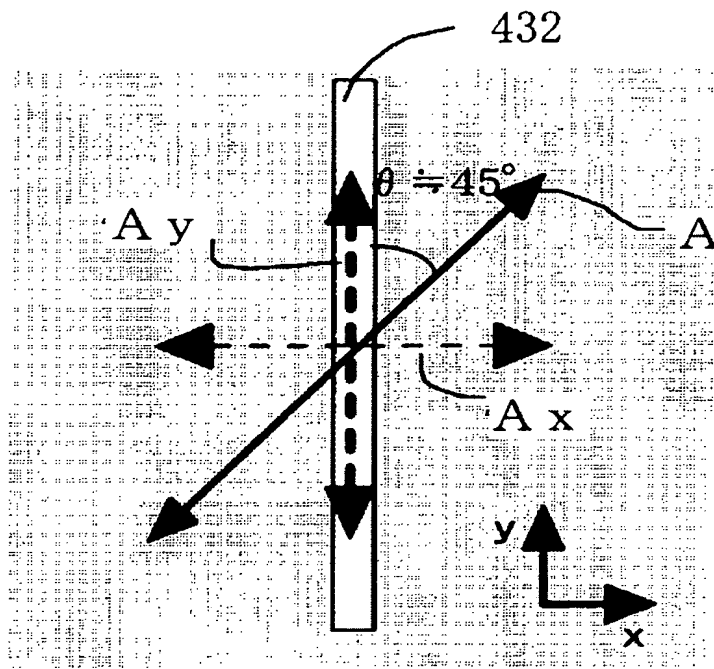
【図 1】



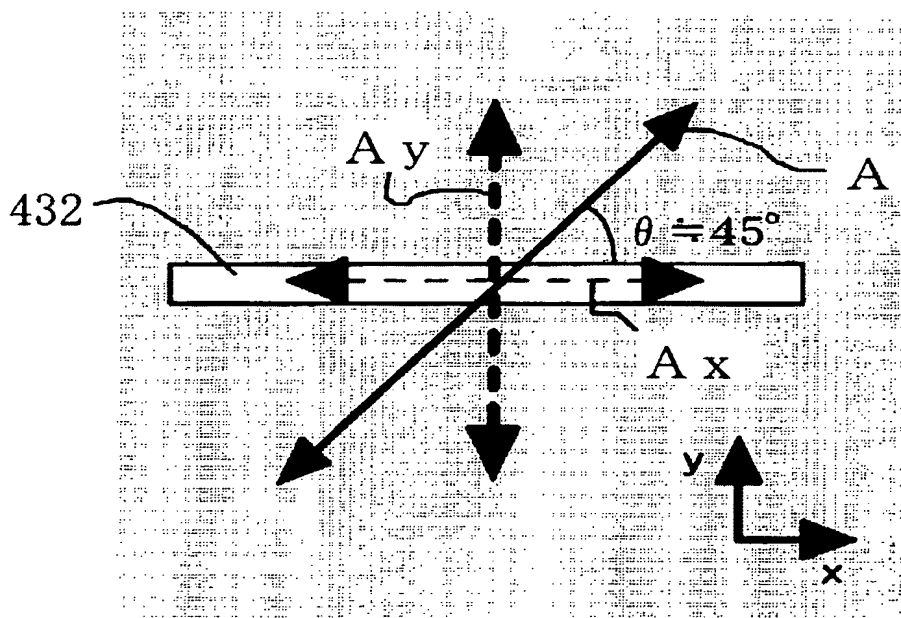
【図 2】



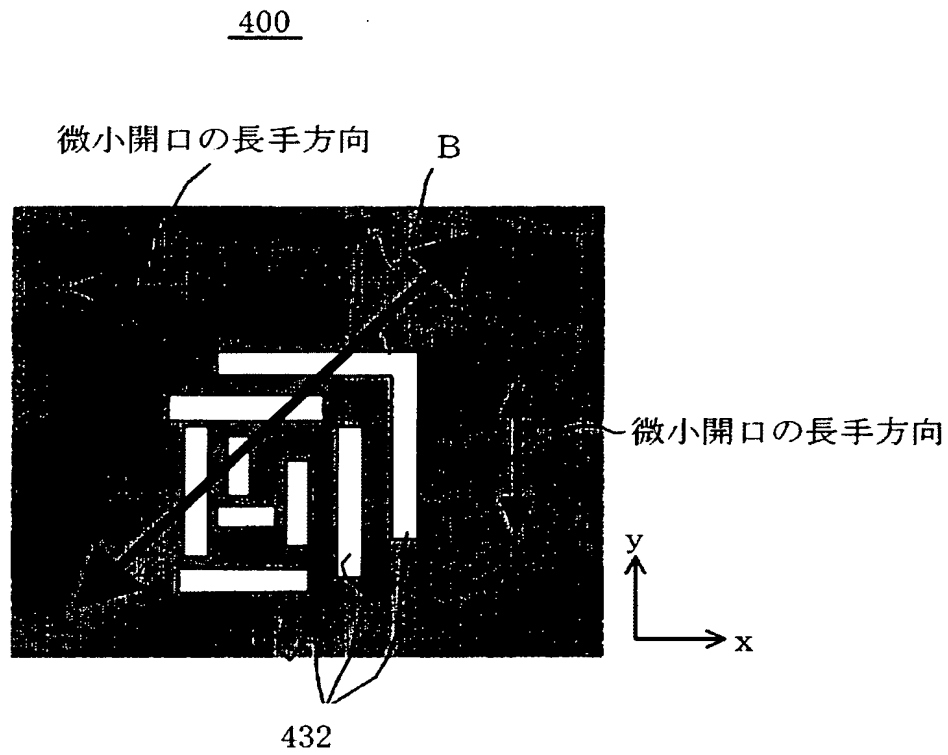
【図 3】



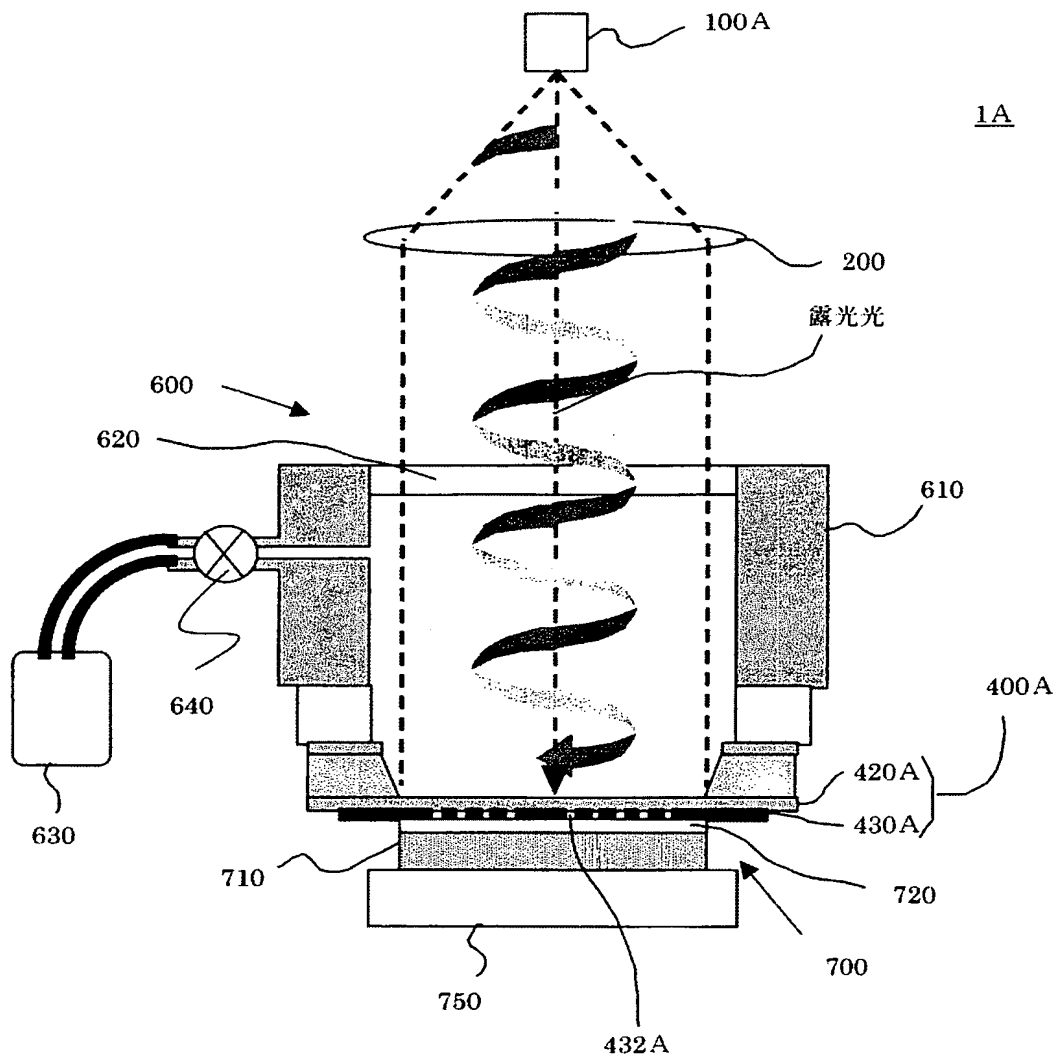
【図 4】



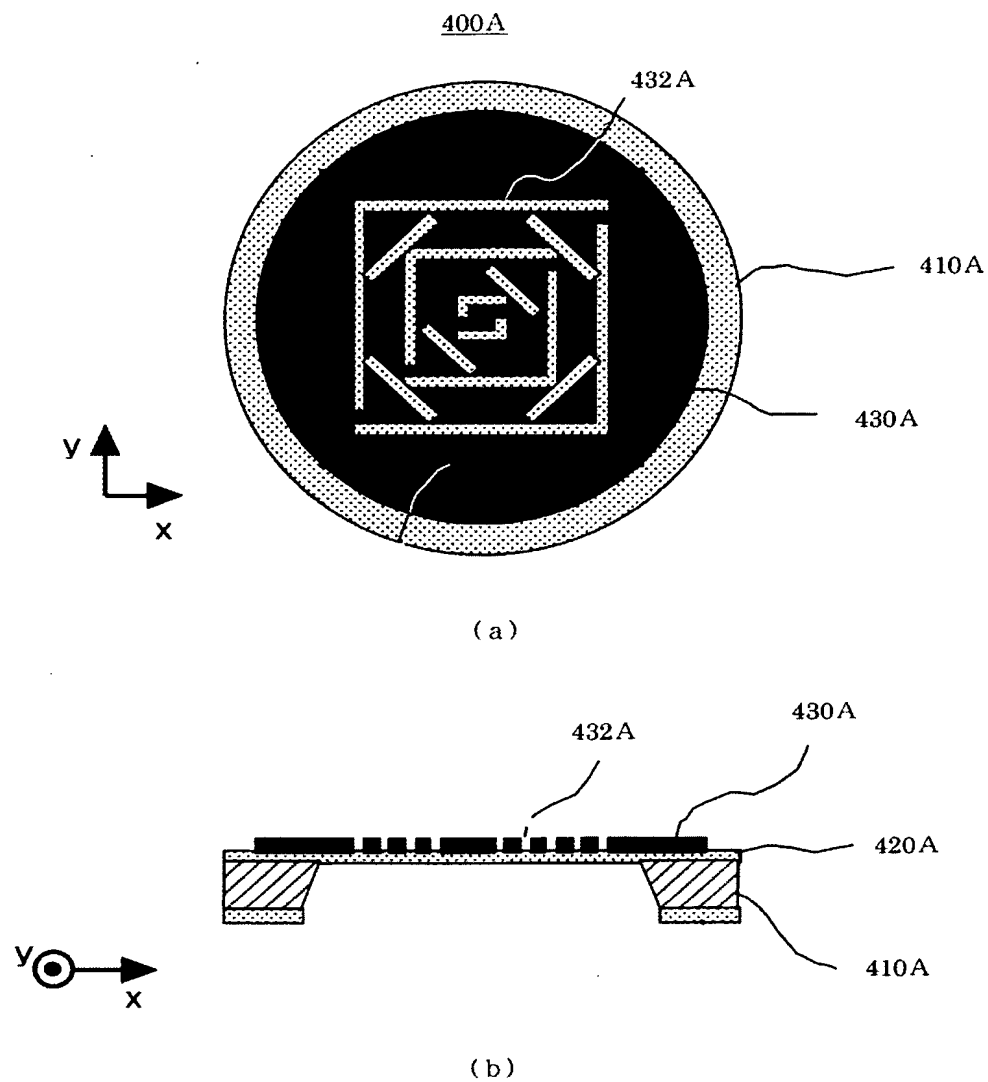
【図 5】



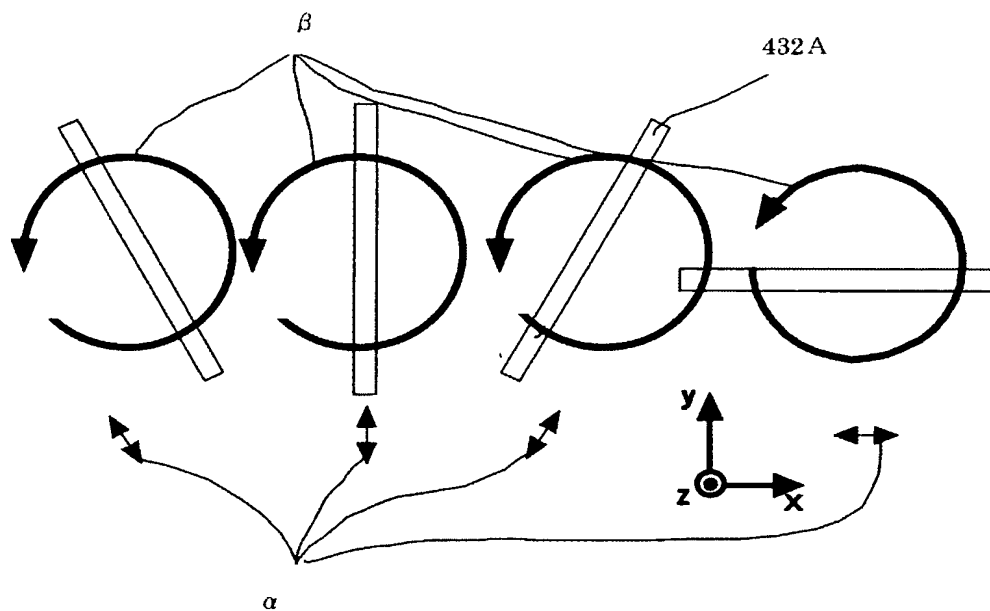
【図 6】



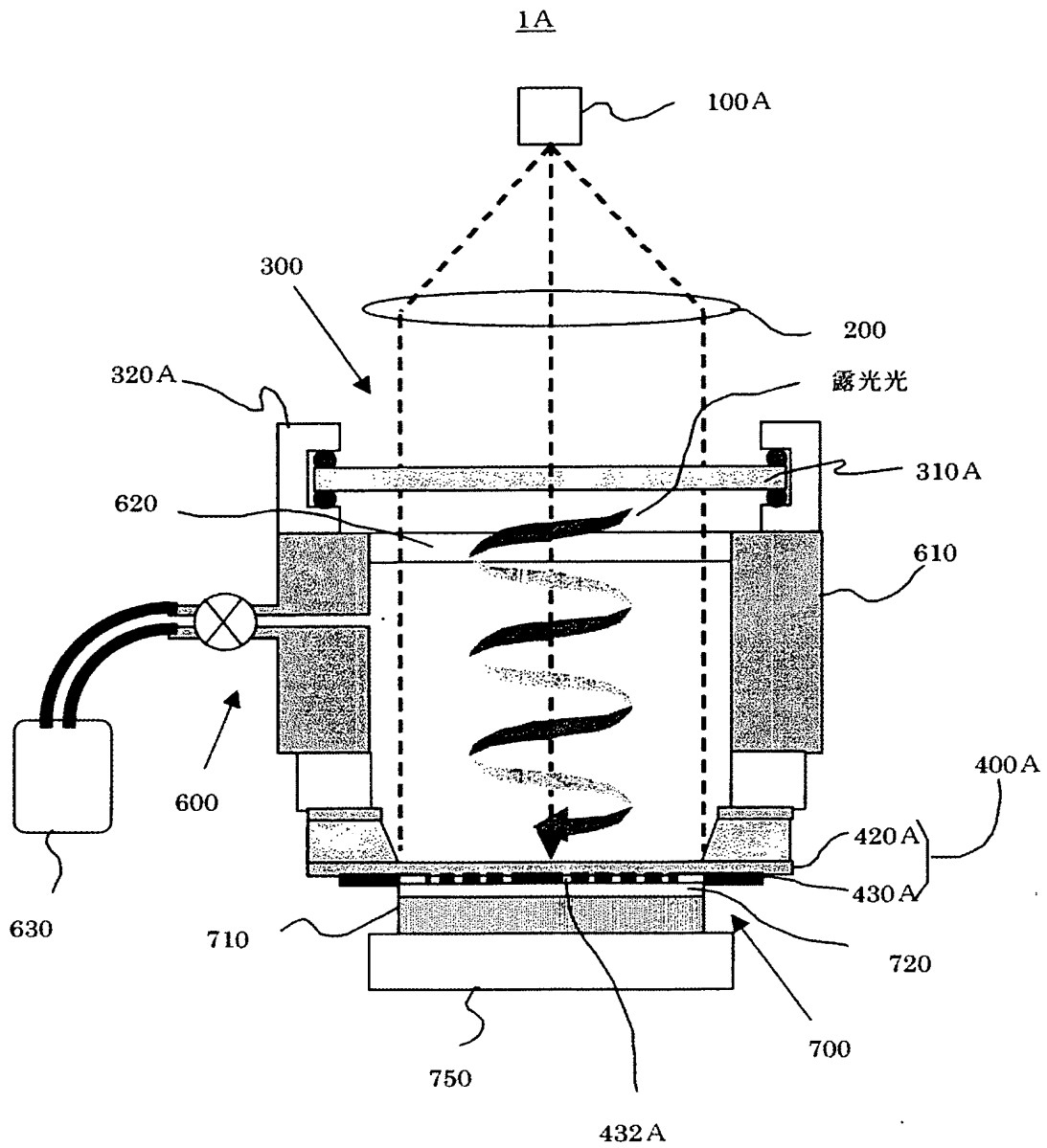
【図 7】



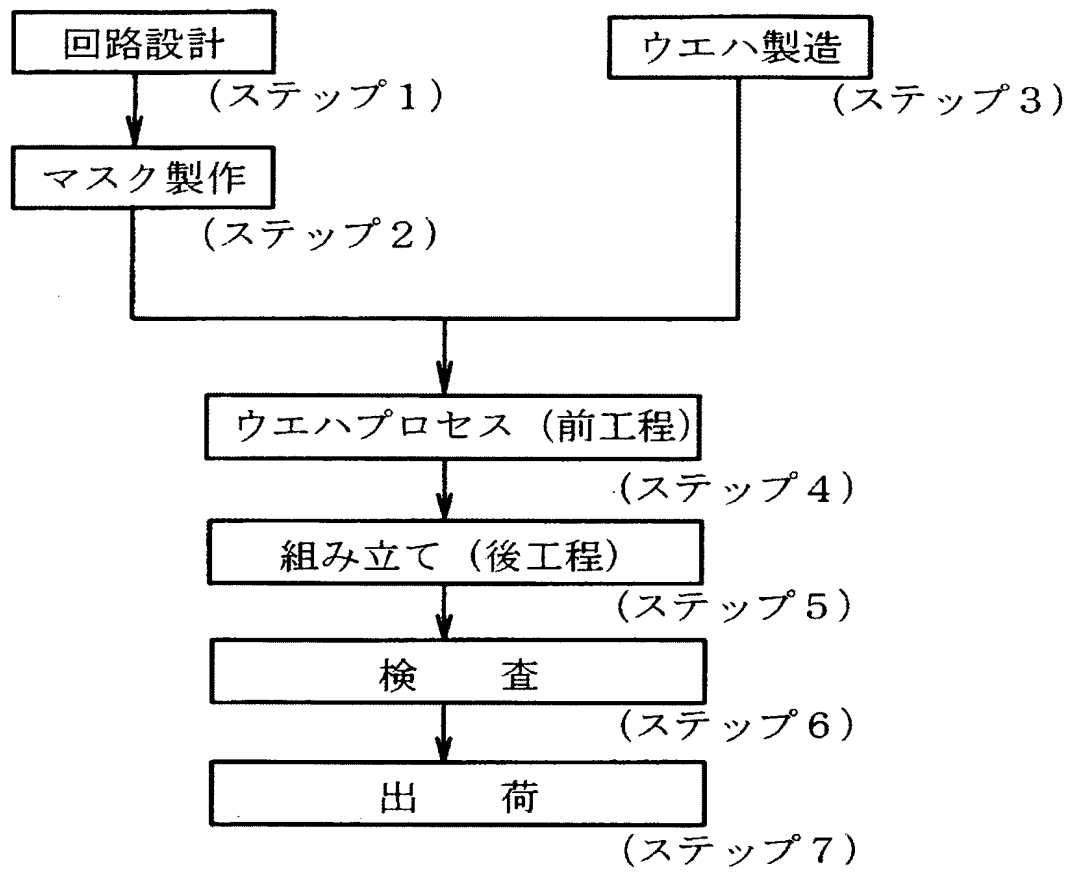
【図 8】



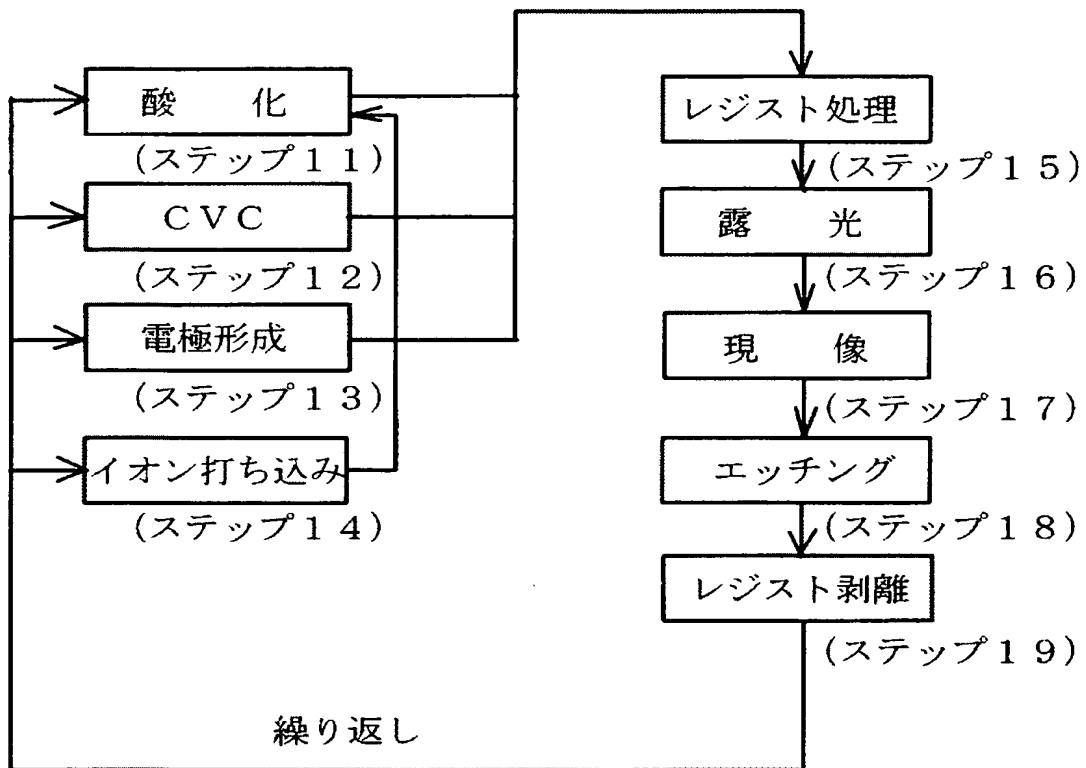
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 解像度、スループット及び経済性に優れた露光をもたらす近接場光用のマスク、露光装置及び方法を提供する。

【解決手段】 互いに直交する方向に長手方向を有する開口が形成されたマスクを被処理体に密着させるステップと、前記各方向以外の方向に偏光した露光光を前記マスクに照射するステップとを有することを特徴とする露光方法を提供する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 6 9 4 9 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社